

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-070294

(43)Date of publication of application : 10.03.1998

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 08-226809

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 28.08.1996

(72)Inventor : SANNOMIYA HITOSHI  
KAJIWARA KEI

## (54) SUBSTRATE FOR SOLAR CELL AND PRODUCTION THEREOF

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a highly efficient cell without causing any crack in a thin film by roughening the surface of a substrate and forming irregularities on the surface at a lower average level difference thereby forming suitable irregularities at high speed without requiring any high temperature processing.

SOLUTION: Surface of a substrate 1 for solar cell is roughened by sand blasting and irregularities are on the surface at a lower average level difference. Since the light scattering effect is enhanced by the larger irregularities as compared with a conventional one and the optical path length in an amorphous silicon can be lengthened, short circuit current is increased and the efficiency of a solar cell can be enhanced. Average level difference of the irregularities is preferably  $3\mu\text{m}$  or above for obtaining a sufficient light scattering effect and the average level difference of the smaller irregularities is preferably  $0.5\mu\text{m}$  or below.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.07.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-70294

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) IntCl.<sup>8</sup>  
H 0 1 L 31/04

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 0 1 L 31/04

技術表示箇所  
M

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-226809

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 8 月28日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 三宮 仁

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 梶原 慶

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

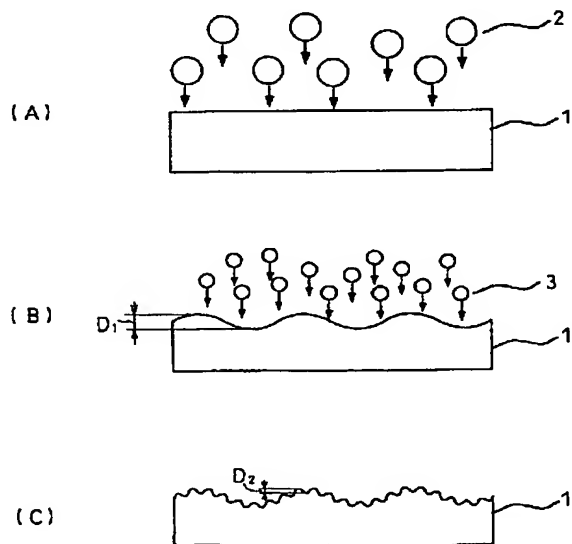
(74) 代理人 弁理士 岡田 和秀

(54) 【発明の名称】 太陽電池用基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 非晶質シリコン太陽電池に好適な凹凸を、高温処理を用いることなく、高速で形成できるとともに、薄膜に亀裂を生じさせることなく、効率の高い太陽電池を提供できるようにすることを目的とする。

【解決手段】 太陽電池が形成される基板 1 の表面を、砥粒 2 を用いてサンドブラスト処理を行って平均段差  $3\mu$  以上の凹凸状に形成した後、前記砥粒 2 よりも粒径の小さな砥粒 3 を用いてサンドブラスト処理を行って平均段差  $0.5\mu\text{m}$  以下の凹凸状に形成するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 太陽電池を形成する基板の表面が、凹凸状に形成されるとともに、該凹凸状の表面が、該凹凸状の平均段差よりも小さな平均段差の凹凸状に形成されることを特徴とする太陽電池用基板。

【請求項2】 太陽電池を形成する基板の表面が、平均段差が $3\mu\text{m}$ 以上の凹凸状に形成されるとともに、該凹凸状の表面が、平均段差が $0.5\mu\text{m}$ 以下の凹凸状に形成される請求項1記載の太陽電池用基板。

【請求項3】 太陽電池を形成する基板の表面を、砥粒を用いてサンドブラスト処理を行って凹凸状に形成した後に、前記砥粒よりも粒径の小さな砥粒を用いてサンドブラスト処理を行って前記凹凸状の平均段差よりも小さな平均段差の凹凸状に形成することを特徴とする太陽電池用基板の製造方法。

【請求項4】 太陽電池を形成する基板の表面を、粒径 $50\mu\text{m}$ 以上の砥粒を用いてサンドブラスト処理を行って平均段差が $3\mu\text{m}$ 以上の凹凸状に形成した後に、該凹凸状の表面を、粒径 $20\mu\text{m}$ 以下の砥粒を用いてサンドブラスト処理を行って平均段差が $0.5\mu\text{m}$ 以下の凹凸状に形成する請求項3記載の太陽電池用基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽電池用基板およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】太陽電池、例えば非晶質シリコン太陽電池は、 $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 程度の比較的低温で形成するために、様々な基板を用いることが可能であり、通常、ガラス基板やステンレス基板がよく用いられる。非晶質シリコン太陽電池は、効率が最大となる時の光吸収層である非晶質シリコン層の膜厚が、例えば $500\text{nm}$ 程度と薄いために、効率向上には、この膜厚で光の吸収量を増加させることが重要となる。

【0003】このため、ガラス基板上に凹凸のある透明電極を形成したり、ステンレス基板上に凹凸のある表面を形成したりすることにより、非晶質シリコン膜中での光の光路長を増加させることが従来行われてきた。

【0004】例えば、特開昭58-57756号公報、特開昭59-159574号公報等には、基板上に凹凸のある透明電極を形成する方法が記載されており、また、特開平7-122764号公報には、ガラス基板上に直接凹凸を形成する方法が記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】例えば、ガラス基板上に凹凸のある透明電極を形成する一般的な方法としては、常圧CVD法により透明電極として $\text{SnO}_2$ を形成する方法があげられ、この方法は、簡便な方法ではあるが、その形成温度が $500^{\circ}\text{C}$ 程度の高温を必要とするこ

とから、強化ガラス上に形成できず、通常の強化していないガラスを用いなければならないという問題点があった。これは強化ガラスが $300^{\circ}\text{C}$ 以上の高温では強化が鈍ってしまうからである。

【0006】太陽電池モジュールは、電などの衝撃に耐える必要があるため、表面に強化ガラスが必要であり、したがって、常圧CVD法によって凹凸のある透明電極を形成する従来の方法では、通常の強化していないガラス基板を用いて形成し、さらに、これに強化ガラスを貼り合わせる必要があり、太陽電池モジュールは、強化ガラスと通常のガラスの二重構造となってしまう、製造コストが増加するという問題点があった。

【0007】さらに光を十分散乱させるためには、透明電極の膜厚を $1\mu\text{m}$ 程度形成する必要がある、形成に時間を要するとともに、材料費がかさむという問題点があった。

【0008】また、ガラス基板に、直接凹凸を形成する方法では、透明電極で形成するような微小な凹凸を形成する方法がなく、例えば、上述の特開平7-12274号公報においては、ガラス基板に対してサンドブラスト法で凹凸を形成しているが、1回のサンドブラスト処理では凹凸の突起が鋭くなるために、素子製作の際に薄膜に亀裂が生じるという問題点があった。

【0009】一方、ステンレス基板に、Agを蒸着やスパッタリングによって凹凸状に形成する方法では、 $300^{\circ}\text{C}$ 以上の高温が必要となるために、基板の昇温、降温に時間がかかったり、基板の反りといった問題があった。

【0010】さらにステンレス基板等の金属基板の場合には表面に傷があるために、歩留まり向上のために研磨処理が必要であり、コストアップの要因となっていた。

【0011】本発明は、上述のような技術的課題に鑑みて為されたものであって、非晶質シリコン太陽電池に好適な凹凸を、高温処理を用いることなく、高速で形成できるとともに、薄膜に亀裂を生じさせることなく、効率の高い太陽電池を提供できるようにすることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明では、上述の目的を達成するために、次のように構成している。

【0013】すなわち、本発明の太陽電池用基板は、太陽電池を形成する基板の表面が、凹凸状、好ましくは、平均段差が $3\mu\text{m}$ 以上の凹凸状に形成されるとともに、該凹凸状の表面が、該凹凸状の平均段差よりも小さな平均段差、好ましくは、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の平均段差の凹凸状に形成されるものである。

【0014】また、本発明の太陽電池用基板の製造方法は、太陽電池を形成する基板の表面を、砥粒、好ましくは、粒径 $50\mu\text{m}$ 以上の砥粒を用いてサンドブラスト処理を行って凹凸状に形成した後に、前記砥粒よりも粒径

の小さな砥粒、好ましくは、粒径 $20\mu\text{m}$ 以下の砥粒を用いてサンドブラスト処理を行って前記凹凸状の平均段差よりも小さな平均段差の凹凸状に形成するものである。

【0015】本発明の太陽電池用基板によれば、凹凸状の基板の表面に、それよりも小さな段差の凹凸を形成するので、小さな段差の凹凸による光の散乱効果に加えて、大きな段差の凹凸によって光の散乱効果が一層増大することになり、本発明の太陽電池用基板を用いて製作された太陽電池の効率が向上することになる。

【0016】本発明の太陽電池用基板の製造方法によれば、サンドブラスト法によって基板に直接凹凸を形成するので、凹凸のある透明電極を形成する従来の方法に比べて、凹凸の制御が容易であるとともに、室温での処理が可能となり、強化ガラス上に凹凸を形成できることになる。

【0017】また、1回目のサンドブラスト処理の後、粒径の小さな砥粒を用いて再びサンドブラスト処理を行うので、素子製作の際に薄膜に亀裂が生じるといったことがない。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面によって本発明の実施の形態について、詳細に説明する。

【0019】図1は、本発明の太陽電池用基板の概略断面図である。

【0020】この太陽電池用基板1は、サンドブラスト法によって、太陽電池を形成する基板の表面が、凹凸状に形成されるとともに、さらに、その凹凸状の表面が、その平均段差よりも小さな平均段差の凹凸状に形成されるものである。

【0021】すなわち、本発明の太陽電池用基板1は、大きな凹凸の基板表面に、それよりも小さな凹凸が形成されてなるものであって、図4の従来例のように、小さな凹凸のみが形成された従来の基板1<sub>0</sub>に比べて、大きな凹凸による光の散乱効果が増大することになり、これによって、本発明の太陽電池用基板1を用いて製作された非晶質シリコン太陽電池の非晶質シリコン膜中の光の光路長を増加させることができるので、短絡電流が増加して太陽電池の効率の向上を図ることができる。

【0022】十分な光の散乱効果を得るためには、大きな凹凸状の平均段差は、 $3\mu\text{m}$ 以上であるのが好ましく、また、小さな凹凸状の平均段差は、 $0.5\mu\text{m}$ 以下、望ましくは、 $0.2\mu\text{m}$ 程度であるのが好ましい。

【0023】小さな凹凸は、膜中で光を散乱させる効果があり、透明導電膜とp層との界面では、屈折率の差が大きいために、光を大きく散乱させるものである。また、大きな凹凸は、光の散乱効果もあるが、さらに、反射光を再入射させて光吸収層に戻す効果がある。この大きな凹凸は、その段差が、 $300\sim 400\text{nm}$ の膜厚と同程度かそれよりも十分大きいときに、その効果が大き

く、図5に示されるように、大きな凹凸の段差（高低差）が、 $3\mu\text{m}$ 以上で短絡電流の大きな増加が認められる。

【0024】図2は、図1の太陽電池用基板の製造方法を示す断面図である。

【0025】本発明の太陽電池用基板の製造方法は、基板1の表面を、同図(A)に示されるように、砥粒2を用いてサンドブラスト処理を行って凹凸状に形成した後に、同図(B)に示されるように、前記砥粒2よりも粒径の小さな砥粒3を用いてサンドブラスト処理を行い、同図(C)に示されるように、前記凹凸状の平均段差 $D_1$ よりも小さな平均段差 $D_2$ の凹凸状に形成するものである。

【0026】1回目のサンドブラスト処理の砥粒2の粒径は、上述の平均段差 $30\mu\text{m}$ の凹凸状に形成するためには、 $50\mu\text{m}$ 以上であるのが好ましく、2回目のサンドブラスト処理の砥粒3の粒径は、平均段差 $0.5\mu\text{m}$ 以下の凹凸状に形成するためには、 $20\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。

【0027】本発明の基板1としては、サンドブラスト法によって凹凸を形成できる程度の硬い基板であればよく、例えばガラス、金属、セラミックス、プラスチック、カーボンのような材料からなる基板を用いることができる。

【0028】また、本発明の砥粒2、3の種類としては、アルミナ、ホワイトアルミナ、カーボランダム等を用いることができる。

【0029】以下、本発明の実施の形態を、ガラス基板に適用して具体的に説明する。

【0030】この実施の形態の太陽電池用基板の製造方法では、まず、ガラス基板を加工用の台にセットして噴射ノズルから砥粒を吹き付けながら基板加工用の台を移動させる。

【0031】このとき用いる砥粒の種類は、上述のようにアルミナ、ホワイトアルミナ、カーボランダム等であり、砥粒の番手としては、#1000以下、例えば#800を用いる。すなわち、砥粒としては、その粒径が $25.4\mu\text{m}$ 以上、例えば、 $31.75\mu\text{m}$ の砥粒を用いる。また、ノズル径は通常 $\phi 7\text{mm}$ 程度であり、処理する基板の大きさや処理速度に応じてノズルの数を設定する。

【0032】次に、噴射圧力として、例えば $3\sim 4\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度、噴射距離として、例えば $8\text{cm}$ 程度に設定する。噴射角度は、例えば $90$ 度、加工用の台の速度は、例えば $250\text{mm}/\text{min}$ 、噴射量は、例えば $50\text{g}/\text{min}$ 程度に設定する。通常のソーダガラスの場合には、このようなパラメータで平均段差が $3\mu\text{m}$ 程度の凹凸を得ることができる。

【0033】しかし、このままではガラス基板表面が、ガラスが欠けたような凹凸で覆われており、尖った部分

が散見される。このまま太陽電池用基板として用いると太陽電池が短絡してしまうために、表面をもう一度サンドブラスト処理する必要がある。そこで、砥粒の番手としては、#2000以上、望ましくは#3000を用いて同じ基板をもう一度サンドブラスト処理を行う。すなわち、砥粒としては、その粒径が $12.7\mu\text{m}$ 以下、例えば、 $8.47\mu\text{m}$ の砥粒を用いる。また、ノズル径は、通常 $\phi 7\text{mm}$ 程度であり、処理する基板の大きさや処理速度に応じてノズルの数を設定する。

【0034】次に、1回目のサンドブラスト処理と同様に、噴射圧力として $3\sim 4\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度、噴射距離としては $8\text{cm}$ 程度に設定する。噴射角度は、 $90^\circ$ 度、加工用の台の速度は $25\text{mm}/\text{min}$ 、噴射量は $50\text{g}/\text{min}$ 程度に設定する。

【0035】このような処理を行うことにより、上述の図1に示されるように、平均段差が $3\mu\text{m}$ 程度の凹凸状の表面に、さらに平均段差が $0.5\mu\text{m}$ 以下の凹凸が形成された比較的滑らかな太陽電池用基板1を得ることができる。

【0036】なお、本発明の他の実施の形態として、砥粒に代えて砥粒を分散させた液を噴射するようにしてもよい。

【0037】次に、以上のようにして製造した太陽電池用基板1を用いて図3に示される薄膜太陽電池11を製造する方法を説明する。

【0038】まず、以上のようにして製造した、例えば、厚さ $1\text{mm}$ の太陽電池用基板1の洗浄を行う。これはサンドブラストで加工した後にアルミナ等の粉が基板表面に残っているため、それを除くためである。

【0039】洗浄方法としては、例えば純水による超音\*

	基板温度 (°C)	パワー (W/cm <sup>2</sup> )	圧力 (Ton)	ガス流量 (sccm)
p層	170	0.5	0.25	SiH <sub>4</sub> :1, H <sub>2</sub> :100, B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> :0.01
b層	170	0.05	0.25	SiH <sub>4</sub> :32, H <sub>2</sub> :30, CH <sub>4</sub> :32~0
i層	170	0.1	0.12	SiH <sub>4</sub> :42, H <sub>2</sub> :14
a層	170	0.5	0.25	SiH <sub>4</sub> :1, H <sub>2</sub> :100, PH <sub>3</sub> :0.01

【0045】次に、裏面電極9としてスパッタリングによりZnOを、例えば $50\text{nm}$ 形成する。最後に裏面金属反射電極10としてAgを、例えば $500\text{nm}$ 形成する。このようにして形成した太陽電池11の特性としては、短絡電流 $I_{sc}$ : $19.8\text{mA}/\text{cm}^2$ 、開放電圧 $V_{oc}$ : $0.87\text{V}$ 、曲線因子FF: $0.73$ 、効率 $\eta$ : $12.6\%$ が得られた。この特性は、従来の透明電極を用いて凹凸形成を行ったセル特性と比較しても遜色なく、サンドブラスト法による一回処理の場合と比較して短絡電流に関しては大きい値となっている。

【0046】このようにして、非晶質シリコン膜中での光の光路長を増加させることにより、薄膜太陽電池11の短絡電流が向上するが、あまり凹凸を大きくすると薄膜太陽電池11の膜厚が、例えば $0.5\mu\text{m}$ 以下と薄い

\*波洗浄を行う。洗浄方法としては特に限定されないが、サンドブラスト処理以前の基板表面に油污れが無いような基板であれば簡単な洗浄でよい。

【0040】次に、基板上にスパッタリング法により透明導電膜4を、例えば厚さ $1\mu\text{m}$ に形成する。透明導電膜4を形成する方法は、CVD法や蒸着法を用いてもよい。また、透明導電膜4はITO、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ などを用いることができるが、ITOのみを用いることは太陽電池の特性上好ましくないため、これを用いる場合には、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ などで表面を薄く数 $10\text{nm}$ コーティングしておく必要がある。

【0041】透明導電膜4を形成する条件は、通常の条件でよく、従来例のように、凹凸を形成するための特殊な形成条件、例えば、 $500^\circ\text{C}$ の高温にするといった必要がなく、凹凸および面抵抗の再現性が改善される。透明導電膜4の形成後、プラズマCVD装置でアモルファスシリコンカーボンp層5、b層（アモルファスシリコンカーボン組成変化層）6、アモルファスシリコンi層7、アモルファスシリコンn層8を順次形成する。各層5、6、7、8の厚さは、例えば、それぞれ、 $10\text{nm}$ 、 $10\text{nm}$ 、 $300\text{nm}$ 、 $30\text{nm}$ である。

【0042】なお、p層5は凹凸の大きさにより最適な膜厚が存在し、例えばヘイズ率（ガラスの透過光のうち光が散乱された割合） $15$ 程度では $15\text{nm}$ 程度でもよいが、ヘイズ率 $30$ 程度にすると $18\sim 20\text{nm}$ 程度の膜厚に設定するのが好ましい。

【0043】なお各層の形成条件の一例を表に示す。

【0044】

【表1】

ために、表面電極4と裏面電極9とが短絡しやすくなる。そのため、このような膜厚のもとでは、ヘイズ率で $20\%$ 程度が凹凸の限界である。

【0047】本発明の基板1では、図1に示すように大きな凹凸の上に微小な凹凸が形成されており、光の散乱効果は、上述のように大きな凹凸によっても生じるので、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の微小な凹凸のみを形成する場合よりもヘイズ率を大きくできる。さらに、大きな凹凸は、太陽電池11の膜厚よりも大きく、数ミクロン以上、好ましくは、平均段差 $3\mu\text{m}$ 以上の凹凸であって光の散乱を増加させるため、表面電極4と裏面電極9が短絡しにくい。これは、非晶質シリコン膜自体が大きな凹凸に添って形成されるために、表面電極4と裏面電極9との間隔が縮

まることがないためである。

【0048】また、 $\text{SnO}_2$ 等の透明電極によって凹凸を形成する従来の方法では、膜成長条件を制御するために、わずかな条件設定の変化により凹凸のばらつきが生じやすいのに対して、サンドブラスト法を用いて基板に直接凹凸を形成する本発明では、微妙な凹凸を制御するのが容易である。

【0049】また、サンドブラスト法では、室温で凹凸が形成できるので、従来の常圧CVD法のような500℃程度の高温を必要とせず、強化ガラス上に凹凸を形成することができ、これによって、従来例のように通常の強化していないガラスと強化ガラスとを貼り合わせる必要がなくなり、その分太陽電池モジュールのコストを低減することができる。

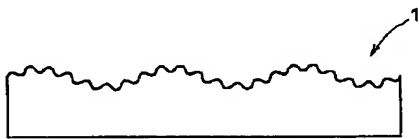
【0050】さらに、透明電極も従来例のように、凹凸形状を大きくするために厚くする必要がなく、例えば、200nm程度、すなわち従来の1/4～1/5の膜厚でよく、その分材料費が低減できるので低コスト化を図ることができる。

【0051】また、ステンレス基板等の金属基板を用いる場合にも、本発明のサンドブラスト法により室温で凹凸を形成できるので、基板の昇温、降温に時間がかからず、基板の反りといった問題もなくなる。さらに、金属基板表面にある傷が歩留まりを低下させるために、通常、金属基板は研磨処理する必要があるが、表面をサンドブラスト処理することにより基板全体の傷を平滑化でき、同時に凹凸形成ができ非常に効率的である。

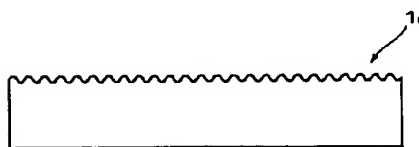
【0052】このような本発明の太陽電池用基板を用いることにより、従来よりも低コストで効率も同等以上の太陽電池を形成することが可能になる。

【0053】上述の実施の形態では、ガラス基板に適用して説明したけれども、本発明の他の実施の形態として、ステンレス基板等の他の材料の基板を用いてもよいのは勿論である。

【図1】



【図4】



# \*【0054】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、凹凸状の基板の表面に、それよりも小さな段差の凹凸を形成するので、小さな段差の凹凸による光の散乱効果に加えて、大きな段差の凹凸によって光の散乱効果が一層増大することになり、これによって、太陽電池の非晶質シリコン膜中での光の光路長を増加させることができるので、短絡電流が増加して太陽電池の効率の向上を図ることができる。

10 【0055】また、本発明によれば、サンドブラスト法によって基板に直接凹凸を形成するので、凹凸のある透明電極を形成する従来の方法のように、高温での処理が不要となり、強化ガラス上に凹凸を形成することになり、また、金属基板を用いた場合に、基板の反りの問題も解消することになる。

【0056】また、1回目のサンドブラスト処理の後に、粒径の小さな砥粒を用いて再びサンドブラスト処理を行うので、素子製作の際に薄膜に亀裂が生じるといったことがない。

# 20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一つの実施の形態に係る太陽電池用基板の概略断面図である。

【図2】本発明の一つの実施の形態に係る太陽電池用基板の製造方法を示す概略断面図である。

【図3】本発明の太陽電池用基板を用いて製作された太陽電池の概略断面図である。

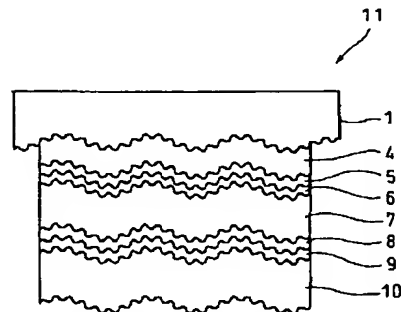
【図4】従来例の太陽電池用基板の概略断面図である。

【図5】大きな凹凸の段差と短絡電流との関係を示す特性図である。

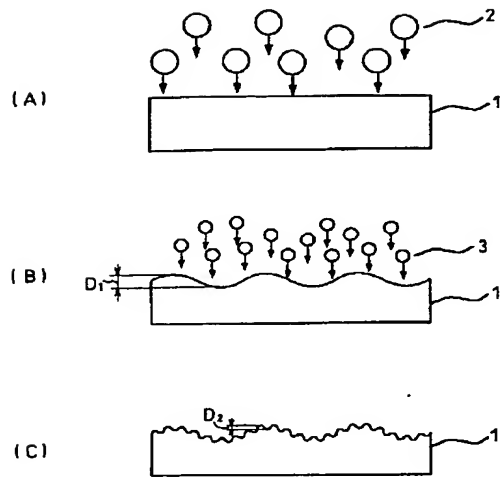
# 30 【符号の説明】

1, 10	太陽電池用基板
2, 3	砥粒
4	透明導電膜
11	太陽電池

【図3】



【図2】



【図5】

